

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Obor: Environmentální biotechnologie

Projektování kompostárny

Designing composting plants

Bakalářská práce

Autor: Milan Sosna

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Čablík, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student:

Milan Sosna

Studijní program:

B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904R022 Zpracování a zneškodňování odpadů

Téma:

Projektování kompostárny
Designing composting plants

Zásady pro vypracování:

Závěrečná kvalifikační práce bude vypracována v souladu s navrženou osnovou:

1. Úvod a cíl práce
2. Analýza stavu kompostování v ČR a EU
3. Legislativa a platné právní předpisy
4. Popis vybraných strojů a zařízení pro provoz kompostárny
5. Návrh projektu kompostárny a opatření v systému provozu strojního zařízení za účelem zvýšení efektivity na praktickém příkladu kompostárny
6. Závěrečné shrnutí

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLLÁROVÁ, M., PLÍVA, P.: Kompostování travní hmoty z údržby trvalých travních porostů. Schválená metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., 2008, 24 s, ISBN 978-80-86884-36-3.

PLÍVA, P. a kolektiv: Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., 2006, 65 s, č. 1. ISBN 80-86884-11-2.

PLÍVA, P. a kolektiv: Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Praha: Profi Press, 2009, 136 s, ISBN 978-80-86726-32-8.

SOLE-MAURI et al., 2007F. Sole-Mauri, J. Illa, A. Magrí, F.X. Prenafeta-Boldú, X. Flotats. An integrated biochemical and physical model for the composting process. Bioresour. Technol., 98 (2007), pp. 3278–3293.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Čablík, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2012


Milan Sosna

Anotace:

Tato bakalářská práce se věnuje problematice kompostování. V úvodu se okrajově zmiňuje o technologii a možnostech kompostování. Shrnuje historii a momentální stav kompostování v Evropě a v České republice. Popisuje nejdůležitější stroje a zařízení nezbytné pro provoz kompostárny.

Klíčová slova: Kompostování, kompost, kompostárna

Summary

This work is devoted to matters of composting. In the introduction, it's barely mentioning technology and the possibilities of composting. It summarizes the history and current situation of composting in Europe and the Czech Republic. It describes the most important tools and equipment necessary for the composting plant.

Keywords: Composting, compost, composting plant

Obsah

| | |
|--|-----------|
| OBSAH | 5 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK: | 6 |
| 1. ÚVOD..... | 1 |
| 2. STAV KOMPOSTOVÁNÍ V ČR A EU..... | 2 |
| 2.1. KOMPOSTOVÁNÍ | 2 |
| 2.2. HISTORIE KOMPOSTOVÁNÍ..... | 4 |
| 2.3. SOUČASNÝ STAV | 5 |
| 3. LEGISLATIVA A PLATNÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY | 8 |
| 3.1. EVROPSKÉ PŘEDPISY | 8 |
| 3.2. ČESKÉ PŘEDPISY SOUVISEJÍCÍ S PROVOZEM KOMPOSTÁRNY | 8 |
| 4. POPIS VYBRANÝCH STROJŮ A ZAŘÍZENÍ PRO PROVOZ KOMPOSTÁRNY | 12 |
| 4.1. DRUHY KOMPOSTOVACÍCH LINEK | 12 |
| 4.2. DRTIČE A ŠTĚPKOVAČE..... | 14 |
| 4.3. PŘEKOPÁVAČE..... | 15 |
| 4.4. SÍTA..... | 16 |
| 4.5. SEPARÁTORY | 16 |
| 4.6. OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ KOMPOSTÁRNY..... | 17 |
| 5. NÁVRH KOMPOSTÁRNY | 18 |
| 5.1. POPIS KOMPOSTÁRNY | 18 |
| 5.2. VYBAVENÍ KOMPOSTÁRNY | 19 |
| 5.3. PRŮBĚH KOMPOSTOVACÍHO PROCESU..... | 21 |
| 6. ZÁVĚR..... | 27 |
| LITERATURA:..... | 28 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ: | 30 |
| SEZNAM TABULEK:..... | 30 |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 30 |

Seznam použitých zkratk:

MZ – Ministerstvo zdravotnictví

MZe – Ministerstvo zemědělství

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

PCB – Polychlorované bifenyly

EK – Evropská komise

1. Úvod

Během minulého století lidstvo zaznamenalo veliký vědecký a technologický pokrok. Díky tomu se prudce zlepšila životní úroveň obyvatel vyspělých zemí, kteří přestali využívat své pozemky k domácí produkci plodin. Původní zahrady se změnily v rekreační prostory a lidé už nadále neměli potřebu využívat biologicky rozložitelný odpad k vlastnímu užitku. Kromě toho se změnil i systém zemědělství. Upustilo se od přírodních hnojiv a vzrostlo využití umělých hnojiv. Tímto se dostává biologicky rozložitelný odpad na skládky, kde zabírá poměrně dostatek prostoru, čímž zkracuje životnost skládky a jeho krátká doba rozkladu způsobuje vyšší produkci skládkového plynu a může vést i k narušení stability skládky.

Tyto důvody vedly k zavedení nových zákonů ohledně nakládání s biologicky rozložitelným odpadem. Velká část tohoto materiálu se dá dále využít. Přirozeně se nabízí možnost spalování odpadu, což se dá využít k energetickým nebo topným účelům. Ovšem nastává problém s nehomogenitou odpadu a s emisemi plynů, které mohou přispívat ke globálnímu oteplování. Výhodnější možnost se naskýtal v technologii kompostování. Získaný kompost se dá využít jako vynikající organické hnojivo, a díky homogennímu stavu se hodí i jako lepší potencionální palivo.

V dnešní době platí směrnice Evropské Unie, která omezuje množství biologicky rozložitelného materiálu uloženého na skládkách. Aby toho bylo docíleno, je třeba zvýšit množství recyklovaného odpadu, který se dá dále využít.

Cílem této bakalářské práce je shrnutí momentálního stavu kompostování v ČR a v EU, popis nynějších technologií průmyslového kompostování a související legislativa.

2. Stav kompostování v ČR a EU

2.1. Kompostování

Kompostování je řízená forma přeměny organické hmoty biologicky rozložitelného materiálu na humusní látky vhodné k využití jako hnojiva pro průmyslové nebo domácí použití. Jedná se o totožný proces probíhající samovolně při rozkladu rostlinných zbytků v půdě. Tuto přeměnu zajišťují aerobní mikroorganismy a drobní živočichové.

2.1.1. Kompostovatelný materiál

Vstupní složení kompostu se musí pečlivě hlídat. Kompost nesmí obsahovat odpady vykazující nebezpečné vlastnosti, těžké kovy, chemikálie, léky, sklo, plasty a zbytky masa nebo kostí. Naopak do kompostu patří veškerý organický materiál (zbytky rostlin, tráva, listí, kousky dřeva nebo drobné větve, papír, kávová sedlina, čajové sáčky, vlasy a trus domácích zvířat).

2.1.2. Vlastnosti kompostu

Pro zajištění zisku kvalitního kompostu je třeba udržovat vhodné podmínky pro život mikroorganismů. Kompost musí mít správné složení (poměr živin uhlíku a dusíku by měl být 30:1). [1]

| Kompostovaná látka | Poměr C:N |
|--------------------|-----------|
| Piliny | 500:1 |
| Papír | 350:1 |
| Kůra | 120:1 |
| Sláma | 80:1 |
| Listí | 50:1 |
| Hovězí hnůj | 25:1 |
| Tráva | 20:1 |
| Močůvka | 2:1 |

Tabulka č. 1: Příklady poměru živin uhlíku a dusíku u nejčastějších druhů odpadu [3]

Kompost musí být dostatečně vlhký, voda působí jako reakční prostředí a k pohybu mikroorganismů, ale ne příliš mokrá, aby nedocházelo k hnilobným procesům. Vlhkost se měří gravimetricky, pro zajištění nej přesnějších výsledků. Tento způsob se musí provádět laboratorně. Pro okamžité určení vlhkosti lze využít vlhkoměry, které jsou méně přesné, ale

poskytují výsledky okamžitě. V případě nutnosti lze vlhkost určit orientační zkouškou, kdy se v ruce zmáčkne kompost. Kompost je v pořádku, pokud se mezi prsty neobjeví voda a po otevření dlaně udrží svůj tvar. [1]

Celý kompost se musí udržovat provzdušněný. Toho lze docílit překopáním. Nejjednodušší zkouška je čichová, pokud je v kompostu nedostatek kyslíku, začnou probíhat hnilobné procesy a kompost bude zapáchat. Pro přesnější výsledky určení obsahu kyslíku lze použít přenosné přístroje na principu sorbční nebo elektrochemické metody. [1]

Také je třeba průběžně kontrolovat teplotu celého kompostu. To se provádí teploměrem. Pro orientační určení teploty kompostu stačí použití bezkontaktních optických teploměrů. Pro přesnější určení se využívají zapichovací teploměry, díky kterým lze měřit teplotu nejen na povrchu, ale i v různých hloubkách kompostu, a tak získat kvalitnější údaje. Teplota se musí měřit během prvních 7 dní každý den a kontrolovat optimální průběh zrání kompostu. Nejpriznivější teplota pro rozklad organického materiálu se pohybuje od 50 do 60 °C.[1]

2.1.3. Způsoby kompostování

Domácí kompostování je v dnešní době běžným jevem ve vyspělých zemích. Mnoho lidí využívá domácí kompostárny pro výrobu vlastního hnojiva nebo snížení produkce odpadu. Pro tento druh zpracování odpadu se ujala technologie vermikompostování. Vermikompostování je označení pro kompostování pomocí žížal. Pro tento účel se využívá žížala hnojní (*Eisenia fetida*), případně kalifornský hybrid tohoto druhu, který se vyznačuje rychlým množením. Podmínky vermikompostování nejsou náročné na provoz, samotný kompostér má malé rozměry a není třeba udržovat zvláštní podmínky.

Komunitní kompostování je obdobou domácího kompostování. Je typické pro zahrádkářské kolonie, sídlištní zástavby či školní nebo pracovní projekty. Komunitnímu kompostování se mohou věnovat i celé obce, které takto získají hnojivo pro údržbu městské zeleně. Novela zákona č. 314/2006 Sb. o odpadech udává, že komunitní kompostárny nejsou nijak kapacitně omezeny, nevyžadují žádnou evidenci přijímaných a produkováných materiálů a nemusí se kontrolovat žádné parametry kompostu. Jediné požadavky, které musí obec splnit je zabezpečení ochrany životního prostředí a proces kompostování probíhat tak, aby byl zajištěn aerobní rozklad organické hmoty a nevznikal zápach. Kromě toho musí obec vydat vyhlášku, která vymezí kompostářenský systém a využití vzniklého kompostu k údržbě městské zeleně.

Komunální kompostování neboli průmyslové kompostování je typické využitím těžké techniky. Kapacita průmyslových kompostáren se v dnešní době pohybuje v řádu tisíců tun ročně. Průmyslové kompostárny se budují v blízkosti měst (tzv. příměstské kompostárny), zemědělských objektů, případně bioplynových stanic. Výstavba takového objektu podléhá řadě zákonů a nařízení, které je třeba dodržet pro správný provoz kompostárny. Celý proces kompostování je pečlivě řízen a sledován kvalifikovaným personálem v souladu s platnými normami.

2.2. Historie kompostování

Pokud bychom chtěli najít počátek historie kompostování, museli bychom se nejspíše vrátit do dob mladší doby kamenné, kdy vznikalo zemědělství. První písemná zmínka o využití odpadního materiálu pro zlepšení půdních vlastností se nachází ve staročínské Svaté knize o setí a sázení. Technologie popisovaná v této knize se využívá v Číně dodnes. V období od starověku až do novověku se organické odpady využívaly jako druhotná surovina pro různé účely. Hnůj produkovaný hospodářskými zvířaty se skladoval a na podzim po sklizni se s ním hnojily pole. Rostlinné zbytky a tráva se běžně zkrmovaly nebo využívaly jako stelivo. Dřevní odpad se beze zbytku spaloval pro tepelné účely. To bylo období dokonalého využití veškeré rostlinné produkce. Výhodou zpracovaného kompostu oproti běžnému hnojení močůvkou nebo mrvou je v tom, že kompost je plně stabilizovaná organická hmota, zatímco běžný hnůj (močůvka, mrva) nepodleh tak intenzivnímu procesu zrání, proto nedosahuje takové kvality jako kompost. [4] [5]

Česká republika má v kompostování dlouholetou tradici. Na konci 19. století se uplatnilo kompostování přímo na poli. Bioodpad se navršil na hromadu, kde se nechal uzrát. Když poté snížil svůj objem, tak byl zaorán do půdy pluhem. První závod na řízené zpracování a výrobu kompostu byl u nás zprovozněn už v roce 1912 jako součást Pražské čistící kanalizační stanice, který byl zároveň i první kompostárnou v Evropě. Během kolektivizace zemědělství se velice podporovala produkce průmyslového kompostu, aby byla zajištěna dostatečná produkce potravin. V době největšího rozvoje průmyslových kompostáren dosahovala produkce kompostu 3 mil. t/rok. Éra rozvoje kompostování se u nás udržela až do roku 1989, kdy kompostárny přišly o státní dotace. Po restrukturalizaci českého zemědělství se snížila produkce kompostu na 200 – 250 tis. t/rok, kvůli snížení zájmu o přírodní hnojivo. To se využívalo převážně k údržbě městské zeleně a parků. [4]

V současné době se k zemědělské produkci stále používají téměř výhradně průmyslová hnojiva. Organickými hnojivy se převážně přihnojují louky nebo se využívají k rekultivaci krajiny.

2.3. Současný stav

V Evropě se na konci minulého století stala problematika odpadů velmi diskutovaným tématem. Podle stupně rozvoje strategie odpadového hospodářství se Evropa dělí do čtyř skupin: (obr. 1)



Obr. 1: Rozvoj strategie odpadového hospodářství v zemích EU. [6]

- **Země s plně rozvinutou strategií nakládání s bioodpady.** Zde patří Německo, Rakousko, Švýcarsko, Nizozemsko, Lucembursko a část Belgie (Flandry). V těchto zemích se postupně rozvíjí využití anaerobní digesce. Momentálně nastává problém s nedostatečným řešením integrovaného sběru bioodpadů, ale očekává se zlepšení této situace v souladu se zvyšujícím se zájmem o výrobu bioplynu a jeho energetického využití. V Nizozemsku a Rakousku už byla překonána hodnota 100kg/rok kompostovaného materiálu na jednoho obyvatele. [6]
- **Země s rozvíjející se strategií nakládání s bioodpady.** Zde patří Itálie, Dánsko, Švédsko a Norsko. V těchto zemích je celý hospodářský systém

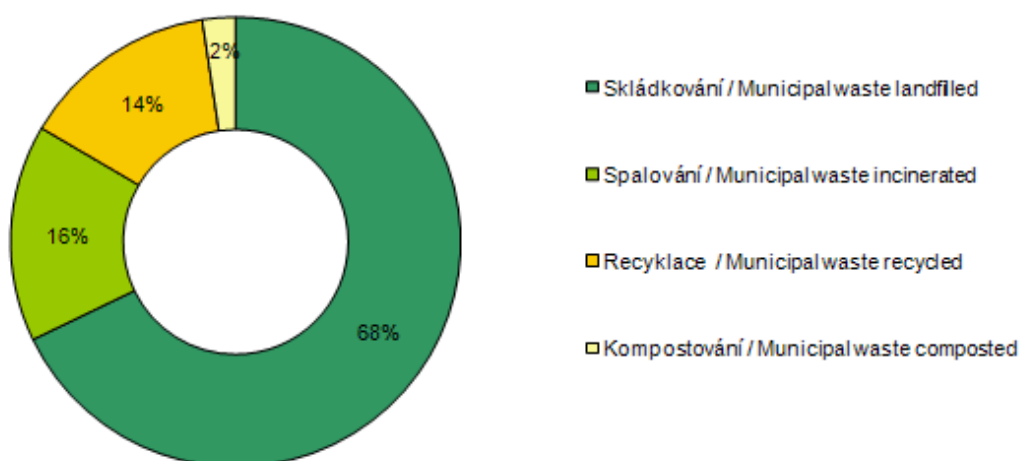
nastíněn, jen není zabezpečen dostatečný výkon kompostáren. Např. Itálie je na druhém místě v Evropě v množství kompostovaného bioodpadu (2,5 mil tun/rok), ale v přepočtu na množství obyvatel je produkce nedostačující. [6]

- **Země připravující strategii nakládání s bioodpady.** Zde patří Velká Británie, Francie, Finsko, část Španělska (Katalánie) a část Belgie (Vlámsko). Tyto země mají zatím jen připravené plány, ale samotný systém je v počátcích. [6]
- **Země bez strategie nakládání s bioodpady.** Zde spadá zbytek Evropy. V těchto zemích se separovaný sběr bioodpadu využívá jen okrajově nebo není nijak řešen. Je možné zde nalézt kompostárny na komunální odpady, ale ty nepředstavují významnou roli v odpadovém hospodářství daných zemí. [6]

Země Evropské Unie v dnešní době zažívají reorganizaci odpadového hospodářství. Vědci společně s politiky se věnují otázce problematiky biodegradabilních odpadů. Z jejich šetření vyplývá, že nekontaminovaný biodegradabilní odpad by měl být prioritně podléhat anaerobní digesci za účelem získání bioplynu a dále kompostován. Proto se začínají ve vyspělých státech budovat kompostárny současně s bioplynovými stanicemi. V Nizozemsku, Rakousku, Švýcarsku a Německu už bylo zřizování dalších skládek zakázáno direktivou EK o zamezení ukládání biodegradabilních odpadů na skládky. Tímto jsou státy nuceny zvýšit počet a výkon kompostáren a bioplynových stanic. Dále by se měl kontaminovaný bioodpad a tuhý směsný komunální odpad spalovat a skládkovaly by se jen popel. [6]

Po vstupu České Republiky do Evropské Unie u nás začala platit směrnice rady EU 99/31/EC o skládkách odpadů. Tato směrnice nařizuje členským zemím omezit množství skládkovaných biologicky rozložitelných komunálních odpadů. Podle nařízení této směrnice by ČR měla v roce 2013 (8 let po vstupu) skládkovat pouze 50 % celkového množství biologicky rozložitelných odpadů oproti roku 1995. Toho roku dosáhla produkce biologicky rozložitelných komunálních odpadů celkem 1 530 000 tun, to odpovídá 148 kg odpadu na obyvatele/rok. Podle údajů českého statistického úřadu se u nás v roce 2010 kompostovalo asi 2 % z celkového množství skoro 28 mil. tun vyprodukovaného odpadu. Pro dodržení dané směrnice by Česká Republika musela během příštího roku zvýšit objem kompostovaných odpadů alespoň trojnásobně. Ovšem vláda uvažuje spíše o možnosti energetického využití odpadu a vybudování dalších spaloven komunálních odpadů. [9]

Graf 7 Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2010
Types of municipal waste management; 2010



Obr. 2: Graf způsobů nakládání s komunálními odpady v roce 2010

3. Legislativa a platné právní předpisy

3.1. Evropské předpisy

Směrnice o odpadech 2008/98/ES (v dřívějším znění směrnice rady EU 1999/31/EC) vymezuje strukturu odpadového hospodářství a definuje základní pojmy a určuje pětistupňový plán nakládání s odpady:

- Předcházení vzniku odpadů.
- Opětovné využití odpadu.
- Recyklace.
- Jiná možnost využití, např. energetické, tepelné.
- Uložení na skládku.

Také stanovuje, že členské státy mají vytvářet plány na předcházení vzniku odpadů a do roku 2020 by měly být schopny recyklovat 50 % komunálních odpadů. V souladu s touto směrnicí se řídí i zákon č. 185/2001 Sb.

3.2. České předpisy související s provozem kompostárny

3.2.1. Zákon č. 455/1991 Sb., živnostenský zákon

Provozovatel průmyslové kompostárny musí mít platný živnostenský list zmocňujícího ho k nakládání s odpady (kromě nebezpečných) a k výrobě hnojiv. Podnikatel je tímto oprávněn k činnosti spojené s výrobou organických hnojiv. [2]

3.2.2. Zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon

Pro výstavbu kompostárny je nutné mít vypracovanou dokumentaci projektu kompostárny. Ta musí mít zpracovaný plán umístění kompostárny, celkovou velikost a kapacitu objektu a seznam technologických strojů a zařízení, které budou na prostoru kompostárny operovat. Na základě této dokumentace schvaluje stavební úřad územní rozhodnutí podle § 76 stavebního zákona a nadále může být vydáno stavební povolení, které může upravovat podmínky výstavby. [2]

3.2.3. Zákon č. 461/2004 Sb., o hnojivech

Tento zákon definuje hnojivo jako: *„látku obsahující živiny pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce.“* § 3 upřesňuje, že statkové hnojivo je jakákoliv zbytková

biomasa bez ohledu původu (hnůj, močůvka, kejda, sláma, zbytky rostlin), pokud nedošlo k její další úpravě. Z tohoto důvodu sem nelze zařadit kompost. Dále zákon zakazuje použití kompostu na zemědělské nebo lesní půdě, jestliže by jeho použití mohlo vést ke škodám na pozemku nebo pozemcích přilehlých, a také pokud je pozemek přesycen vodou, aby nedocházelo k hnilobným procesům. [2]

3.2.4. Vyhláška č. 474/2000 Sb., o požadavcích na hnojiva

Příloha č. 3 definuje typy organických hnojiv:

- **Organické hnojivo nebo průmyslový kompost** obsahující v sušině minimálně 25 % spalitelných látek a 0,6 % dusíku. Maximální roční dávka je 50 t/ha, která se dává pouze jednou za 3 roky.
- **Organické hnojivo ze statkových hnojiv vyrobené aerobní fermentací** obsahující v sušině minimálně 50 % spalitelných látek a 1 % dusíku, fosforu a draslíku. Maximální roční dávka je 10 t/ha.
- **Vermikompost** obsahující v sušině minimálně 35 % spalitelných látek a 1 % dusíku, fosforu a draslíku.
- **Organické hnojivo z melasy** obsahující v sušině minimálně 65 % spalitelných látek, 3 % dusíku a 8 % draslíku.
- **Organické hnojivo ze statkových hnojiv vyrobené anaerobní fermentací** obsahující v sušině minimálně 25 % spalitelných látek a 0,6 % dusíku. [2]

3.2.5. Vyhláška č. 273/1998 Sb., o odběrech a chemických rozbořech vzorků hnojiv.

Vyhláška udává postup odběru vzorku hnojiva a zadává postup chemického rozboru. [2]

3.2.6. Vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

Tato vyhláška určuje podmínky použití kalů na zemědělské půdě a stanovuje limity koncentrací rizikových látek (např. těžkých kovů) v půdě. Použití kalů je touto vyhláškou zakázáno na půdě, která je součástí chráněné krajinné oblasti, v blízkosti vodních zdrojů nebo záplavových oblastí. [2]

3.2.7. Vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv

Tato vyhláška stanovuje, že tuhá hnojiva se musí uskláňovat balená, v řádně označených hromadách maximální výše 6 m s rozestupy minimálně 2 m nebo v zásobnících. Balená hnojiva do hmotnosti 50 kg se ukládají do pytlů do výše 1,5 m (3,5 m na paletách). Sklady musí být schopné pojmout hnojivo vyrobené za 6 měsíců (vyvážení dvakrát do roka) nebo za 10 měsíců (jednou do roka). Jímky pro kejdu musí být schopné pojmout pětíměsíční produkci a musí být zabezpečené proti vniknutí povrchových vod. [2]

3.2.8. Zákon č. 106/2005 Sb., o odpadech

Tento zákon sjednocuje znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, se změnami některých dalších zákonů. Zákon je upraven směrnicí Evropské unie (viz. 3.1). Z definice odpadu uvedené v tomto zákoně vyplývá, že problematika kompostování zde spadá pouze, pokud uvažujeme o kompostárně jako o zařízení ke zpracování odpadu, tedy pokud se chce původce movité věci zbavit, či nikoliv. Taktéž suroviny použitelné k terénním úpravám, zavalení podzemních prostor nebo opětovné využití v zemědělství, např. hlušina nebo říční sedimenty, se nepovažují za odpad.

Původci odpadu mají také povinnost každoročně zaslat příslušnému obecnímu úřadu s rozšířenou působností hlášení o druzích, množství a způsobu zneškodnění daného odpadu, pokud vyprodukují více než 50 tun odpadu nebo 50 kg nebezpečného odpadu. [2]

3.2.9. Vyhláška č. 381/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

Přílohy této vyhlášky obsahují detailní popis způsobů nakládání s bioodpady. Udávají seznam bioodpadů a požadavky na jejich kvalitu, požadavky na technologické vybavení a provoz zařízení, stanovují obsah provozního řádu, kritéria kontrolních limit sledovaných vlastností, zařazování produktů do jednotlivých skupin podle možností využití a stanovují podobu výstupního protokolu. [2]

3.2.10. Vyhláška č. 381/2001 Sb., která stanovuje Katalog odpadů

Tato vyhláška rozděluje odpady na nebezpečné a ostatní a kategorizuje je. Odpady se v katalogu značí šestimístným kódem podle skupin, do kterých náleží. Nebezpečné odpady jsou označeny [N], pokud odpovídají definici:

„Odpad se hodnotí jako odpad nebezpečný, jestliže je uveden v seznamu nebezpečných odpadů, smíšen nebo znečištěn některým z odpadů uvedených v seznamu nebezpečných

odpadů nebo některou ze složek, uvedenou v seznamu složek, které činí odpad nebezpečným nebo vykazuje-li jednu či více nebezpečných vlastností.“ (cit

Mimo jiné udává, jak mají vypadat doklady doprovázející přepravu těchto látek. [2]

3.2.11. Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

Tato vyhláška specifikuje způsoby nakládání s nebezpečnými odpady, udává technické požadavky na zařízení k tomu určená a způsoby vedení jejich evidence včetně evidence osob, od kterých byl odpad odebrán nebo vykoupen a specifikuje náležitosti převozu odpadů.

3.2.12. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách

Tento zákon stanovuje povinnost pro každého, kdo nakládá s povrchovou, podzemní nebo odpadní vodou, aby hleděl na ochranu a účelné využití nebo zamezení kontaminace vodních toků v souladu s tímto zákonem.

3.2.13. Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Ochranou přírody a krajiny se rozumí péče o volně žijící živočichy a rostliny a jejich společenstva, jakož i o nerosty a horniny.

3.2.14. Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

§ 17 tohoto zákona udává, že je každý povinen předcházet znečištění nebo poškozování životního prostředí a minimalizovat nepříznivé důsledky svého jednání na okolní krajinu.

3.2.15. Norma ČSN 46 57 35 Průmyslové komposty

Tato norma udává, požadavky, které je nutné dodržet po registraci průmyslového kompostu. Mezi ně patří zejména:

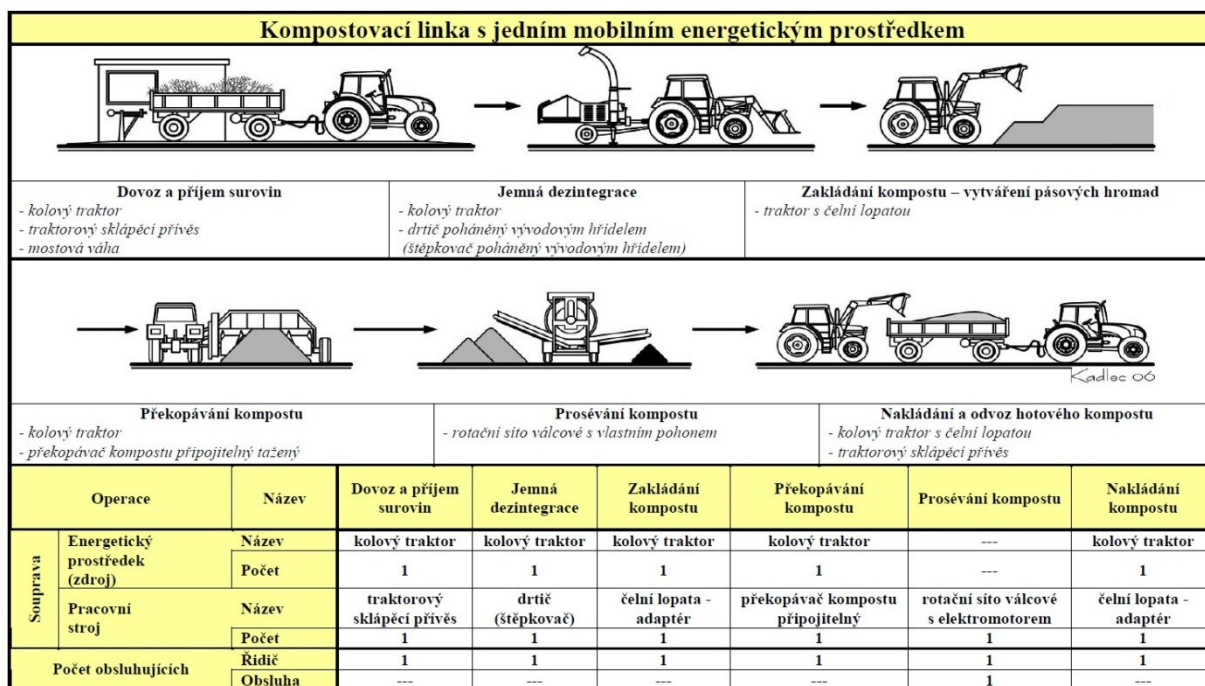
- dodržení správné doby zrání.
- interval mezi překopávkami kompostu musí být větší než 21 dnů.
- v surovinové základce se nesmí nacházet statková hnojiva z důvodu výskytu patogenních organismů.
- musí být dosažena teplota vyšší než 55°C po dobu delší než 21 dní.
- Musí být dodržena správný postup měření a odběru vzorků podle normy ČSN ISO 10381-6.

4. Popis vybraných strojů a zařízení pro provoz kompostárny

4.1. Druhy kompostovacích linek

V dnešní době máme mnoho možností, jak průmyslově kompostovat odpady. Nejúčinnější možností je tzv. kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Jedná se o technologii využívající nejnovější poznatky k sestavení provozní linky. Pro optimální řešení máme tři možnosti, jak sestavit kompostovací linku. [2]

4.1.1. Kompostovací linka s kolovým traktorem

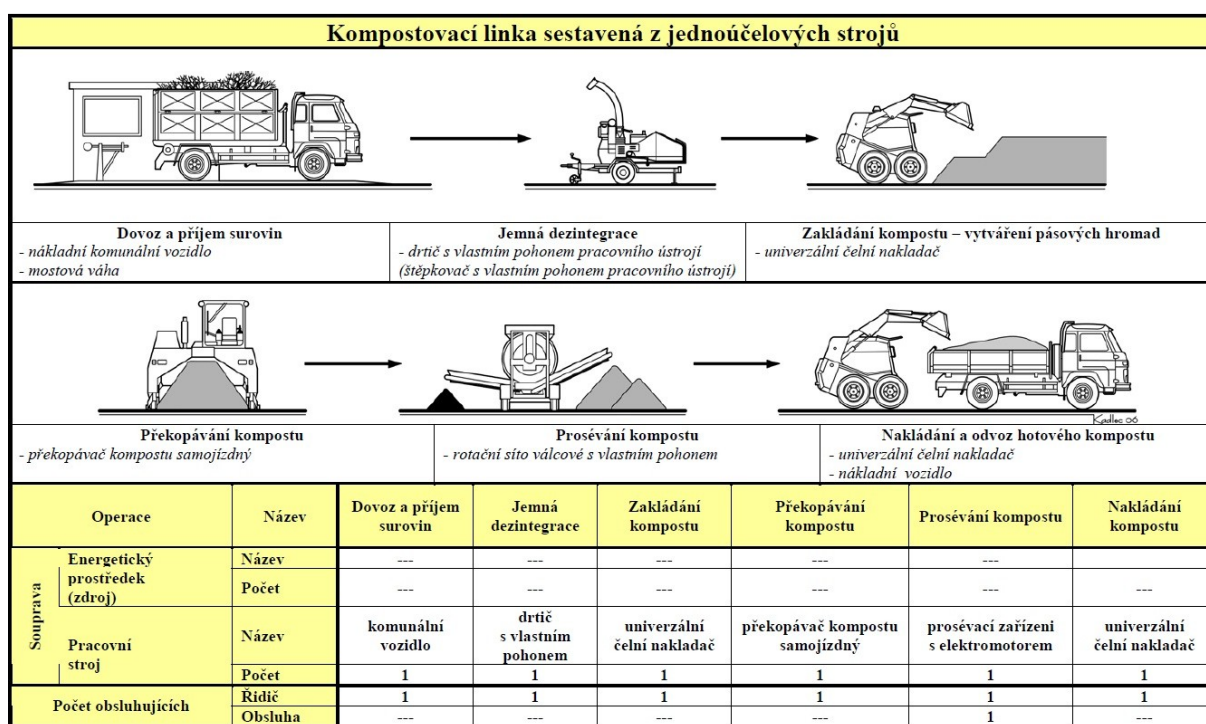


Obr. 3: Kompostovací linka s kolovým traktorem

Tato varianta využívá flexibility traktoru, ke kterému lze připojit veškerá potřebná zařízení. Pro zajištění provozu kompostárny je třeba mít k dispozici tyto technické prostředky, které je možné připojit k traktoru:

- **Čelní lopatu** k urovnávání a vrstvení dovezeného materiálu nebo kompostu do pásových hromad.
- **Drtič (štěpkovač)** pro zmenšení velikosti částic surovin a tím zlepšení procesu biodegradace.
- **Překopávač kompostu** pro zajištění provzdušňování kompostu.
- **Prosévací zařízení.**
- **Adaptér pro sbalování a rozbalování kompostovací plachty.**

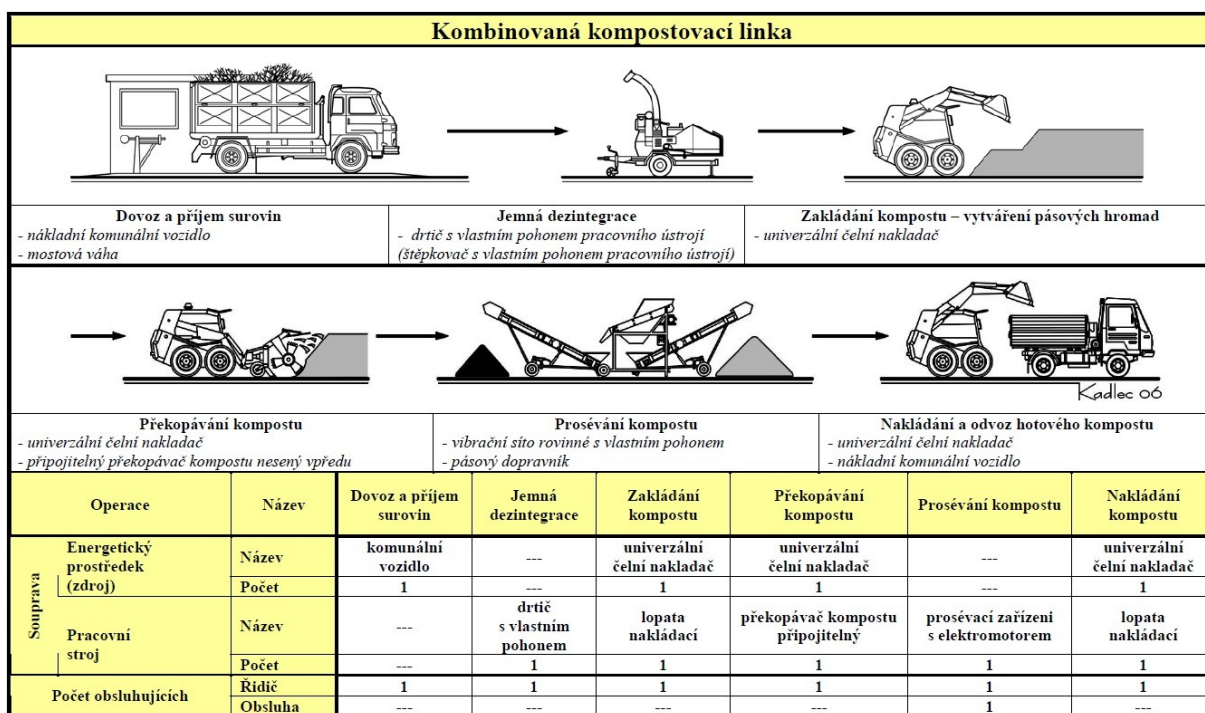
4.1.2. Kompostovací linka s jednoúčelovými stroji



Obr. 4.: Kompostovací linka s jednoúčelovými stroji

Tato varianta je velice výhodná pro movitější podnikatele. Pro každou operaci je připraven samostatný stroj speciálně upraven pro zajištění, co nejvyššího možného výkonu. Nejdůležitější z těchto strojů je samojízdný překopávač kompostu, který dovede vykonat nejdůležitější činnost mnohem rychleji a kvalitněji než přípojně zařízení na traktor. [2]

4.1.3. Kombinovaná kompostovací linka



Obr. 5.: Příklad kombinované kompostovací linky

Vznikla kombinací předchozích variant, dostatečně snižuje náklady na zařízení a současně zvyšuje výkonnost kompostovací linky. [2]

4.2. Drtiče a štěpkovače

Před dodáním vstupního materiálu do zakládky kompostu je třeba rozdrtit jednotlivé složky, aby se celá směs mohla lépe homogenizovat. V zásadě se jedná o materiály, jako jsou dřevěné odpady (větvě, kůra), listí a organické zbytky z komunálního odpadu.

Obecně platí, že:

- velikost částic jednotlivých surovin je nepřímo úměrná velikosti styčné plochy a tím i rychlosti biodegradabilního procesu.
- částice mohou být v zakládce větší, čím lépe podléhají degradačnímu procesu.
- čím drobnější částice surovin je nutné získat, o to nákladnější bude proces drcení.

Drtiče jsou výhodné vysokou účinností, čímž zajišťují velkou styčnou plochu, a tím lépe a rychleji začne probíhat rozkladný proces. Jejich nevýhodou je nerovnoměrné drcení, což na kompostovací proces nemá značný vliv. Účinek drcení závisí na druhu drtícího ústrojí, množství nožů a kladiv a rychlosti otáčení. [2]

Štěpkovače nezpracují materiál na tak kvalitní úroveň jako drtiče. Tím se zvýší doba kompostování a současně i investiční náklady. Proces štěpkování trvá o poznání déle a snadněji se poškodí. Výsledná štěrka je rovnoměrně veliká, proto má větší využití při energetickém zpracování dřevoodpadu nebo pro ozdobné účely. Účinek štěpkování je ovlivněn především způsobem podávání materiálu a na rychlosti otáček. [2]

4.3. Překopávače

Dostatečná aerace je nejdůležitější částí celého kompostovacího procesu. Je třeba zajistit dostatek kyslíku rozkladným mikroorganismům pro zajištění optimálního průběhu biodegradace. Aby bylo dosaženo maximalizace výkonu, doporučuje se využívat zařízení, která jsou v chodu kontinuálně.

Vzhledem k důležitosti v technologickém procesu jsou na překopávače kladeny vysoké nároky, zejména na:

- homogenizaci a aeraci skrze celou hromadu.
- nízkou pracovní rychlost (doporučuje se 0,1 – 1 km/h).
- udržení stálého profilu hromady.



Obr. 6: Souprava pro překopávání kompostu s adaptérem pro manipulaci s plachtou

Pro výběr vhodného překopávače jsou hlavními kritérii velikost kompostovací plochy, na které bude překopávač operovat, typ pracovního ústrojí (rotorové, šnekové nebo

dopravníkové), zdali se dá připojitelný nebo samojízdný, a případně jaký druh podvozku využívá (kola nebo pásy). [2]

4.4. Síta

Síta jsou důležitá pro rozdělení kompostu na několik různých frakcí, které se následně expedují nebo dále zpracovávají.

- **Vibrační třídič s rovinným sítem** pracuje na principu trhaného pohybu. Jeho výhodou je nízká energetická náročnost, dlouhá životnost přístroje a konstrukční jednoduchost.
- **Rotační třídič s válcovým sítem** se pomalu otáčí a posouvá materiál uvnitř válcového síta. Jeho výhoda spočívá ve vysoké efektivitě a možnosti samočištění, pokud se dovnitř rotačního válce přidají kartáče.
- **Rotační rošty** tvoří soustava hřídelí, které nesou kotoučovitě nebo hvězdovitě součástky v pravidelných rozestupech seřazené od nejmenší po největší. Při otáčení hřídelí se surovina pohybuje po plochách daných součástek a třízení nastává díky propadu suroviny mezi součástkami. Výhodou tohoto typu síta je velmi vysoká účinnost. [2]

4.5. Separátory

Separátory jsou velmi důležité pro rozdělení směsi ze sběru biologicky rozložitelných komunálních odpadů. K tomuto účelu se využívají běžné přístroje určené k separaci.

- **Odstředivky** pracují na principu rozdílné hustoty jednotlivých částic. Odstředivky jsou válcovité nádoby, které se pomocí motoru roztáčí do vysokých otáček. Materiál uvnitř se začne dělit účinky odstředivé síly, kdy se na povrchu stěn usadí těžší frakce a lehčí zůstává blíže k ose otáčení. Účinnost je možné nadále zvýšit vložením bubnového síta.
- **Hydrocyklóny** jsou separační zařízení na principu rozdílných hustot. Do kónické nádoby je z boku přivedena vsázka, která začne uvnitř rotovat. Během toho těžší částice klesají ke dnu a dále do drtiče, zatímco lehčí částice se dostávají přepadem nahoře ven. Jejich výhodou je nízká energetická náročnost a vzhledem k žádným mechanickým součástkám i dlouhá životnost a nízká poruchovost. [2]

4.6. Ostatní zařízení kompostárny

4.6.1. Zařízení pro evidenci příjmu surovin

Pro správný systém hospodaření je třeba udržovat si přehled o množství přijatého a expedovaného materiálu. Za tímto účelem se používají tzv. mostní váhy, které měří hmotnosti příjíždějících a odjíždějících vozidel. Z rozdílu těchto hmotnostní se určí hmotnost přijatého či expedovaného nákladu. [2]

4.6.2. Sklady

Vyprodukovaný kompost je nutné průběžně uskladňovat, aby mohl být předán k balení či expedici. V případě nepříznivých podmínek (např. přes zimu) by se tento prostor mohl také využít k zajištění celoročního provozu nebo k uschování těžké techniky přes zimu.

4.6.3. Pozemní úprava

Celý objekt kompostárny je vhodné umístit mimo obytné zóny. Zápach z dovozových materiálů může působit nepříjemně pro obyvatele, proto se kompostárny staví do zalesněných oblastí nebo se snaží o vysazení dřevin po obvodu závodu.

Součástí kompostárny by měla být odpadní jímka, která by měla být schopná pojmout minimálně tříměsíční množství srážek. Tato voda se může využít ke zvlhčování kompostu.

4.6.4. Zařízení na zvlhčení kompostu

K tomuto účelu je nejjednodušší použití obyčejného postřiku hadicí, ovšem tento postup je náročný a vlhčení kompostu je následně nerovnoměrné. Řešení spočívá v připojení přídatného zásobníku vody a zařízení na vlhčení kompostu přímo na překopávače. Tím se docílí rovnoměrného zvlhčení během procesu překopávání.

4.6.5. Zařízení pro manipulaci s kompostovací plachtou

Pro menší podniky je běžné využití ručního přikrývání kompostu kompostovací plachtou, to je ovšem značně obtížné. Proto se využívá mechanického navíjení. Zařízení je tvořeno bubnem, na kterém je navinuta kompostovací plachta. Ta se postupně odvíjí, jakmile dojde k překopání kompostu. Stejným způsobem se plachta navíjí zpět. Tyto plachty jsou důležité pro zachycení vody na povrchu kompostovací hromady. Zároveň musí být umožněna dostatečný přístup vzduchu. Pro tento účel se vyvinulo několik možných speciálních plachet.

5. Návrh kompostárny

V příloze č. 1 je uveden půdorys fiktivní kompostárny. Jedná se o středně velký provoz s rozměry přibližně 125 m na délku a 80 m na šířku. Celý závod je rozdělen na 3 oblasti. Zeleně jsou vyznačeny vlastní kompostovací hromady, modře zařízení a budovy sloužící k obsluze a červeně administrativní budovy a laboratoře. Součástí je i seznam nejdůležitějšího vybavení.

5.1. Popis kompostárny

5.1.1. Pásové hromady

Pásové hromady jsou označeny číslem 1 a vybarveny zeleně. Terén pod nimi musí být zpevněný a dobře izolovaný. Šířka každé hromady by měla být přibližně 2,5 m a výška max. 1,3 m.

5.1.2. Sklady

Sklady těžké techniky a ukládací plocha pro výsledné produkty jsou označeny číslem 2 a vybarveny modře. Budova je zastřešena, aby kompostářské vybavení bylo kryté během zimních měsíců, kdy bude kompostárna mimo provoz. Součástí skladů je i jímka na dešťovou vodu (č. 3a), kterou lze použít ke zvlhčování kompostu.

5.1.3. Drenážní systém

Odtokový systém (č. 4) se nachází kolem hlavní kompostovací plochy a slouží k odvádění přebytečné vody do odpadní jímky (č. 3b), aby nedocházelo k nadměrnému hromadění vody v kompostu.

5.1.4. Administrativní budova, laboratoře, vstupní a výstupní kontrola

Č. 5 označuje budovu kanceláří a laboratoří. Zde jsou umístěny kancelářské prostory pro vedení kompostárny a účetní oddělení. Součástí je i laboratoř měření kvality, kde vyškolený personál hlídá správnou kvalitu kompostu a dohlíží na proces zrání. Laboratoř je vybavena moderními měřicími přístroji (teploměry, vlhkoměry, přístroje na měření obsahu kyslíku) a je vedena příslušným personálem

Vedle je postavena budova vstupní a výstupní kontroly (č. 6), která slouží současně jako vrátnice. Zde je měřena hmotnost každého dopravního prostředku, který přiváží nebo odváží materiál (mostní váha, č. 7).

5.2. Vybavení kompostárny

5.2.1. Překopávač

K překopávání hromady zde slouží samojízdný překopávač CMC-SF-250 od firmy John Deere. Tento stroj je vybaven podvozkem s pryžovými pásy. Součástí je i zavlažovací zařízení a navíječ plachty. Je konstruován pro hromady do maximální šíře 250 cm a maximální výšky 130 cm. Za hodinu dovede překopat až 600 m³ kompostu.



Obr. 7: Překopávač John Deere CMC-SF-250

5.2.2. Drtič

V provozu se nachází dvouhřídelový drtič značky Crambo 3400. Tento stroj je jednoduchý na ovládání a nabízí možnost změny velikosti výstupní složky pomocí výměny síťového koše. Crambo 3400 dosahuje výkonu 242 kW, který je zajištěn elektromotorem oddělitelným od drtiče. Součástí je i pásový dopravník a přívěsový podvozek, které zajišťují mobilitu tohoto vybavení.



Obr. 8: Drtič Crambo 3400

5.2.3. Síta

Kompostárna je vybavena bubnovým prosévacím sítem BPS 01s. Toto síto je konstruováno na prosívání částic max. velikosti 20 – 30 mm. Prosetý materiál je vynášen dopravníkem mimo stroj na dopravník a neproseté části na jiný dopravník či na zem. V bubnu současně dochází k promísení a částečnému drcení materiálu. Pásový dopravník je součástí a je poháněn samostatným elektromotorem.



Obr. 9: Prosévací buben BPS 01s

5.2.4. Váha

Provoz je vybaven vahou Profi UNIVERSAL od firmy Váhy – Jas s.r.o. Tato váha je schopná vážit až do hmotnosti 60 t. Pro účely kompostárny se hodí váha s rozměry 12 m na délku a 3 m na šířku. Součástí je i příslušný software a bezpečnostní kamerový systém.



Obr. 10: Mostní váha Profi UNIVERSAL

5.3. Průběh kompostovacího procesu

5.3.1. Příjem materiálu

Dovoz materiálu je omezen výhradně na automobilovou dopravu. Po příjezdu je nákladní automobil zvážen i s nákladem. Poté se náklad složí a rozdělí podle potřeby kompostování. Současně se vytrídí materiál, který nelze kompostovat. Tyto složky jsou poté předány k dalšímu využití nebo odstranění. Pokud to podmínky umožňují, kontroluje se případný kontakt s nebezpečnými látkami, které by mohly dále kontaminovat vzniklý kompost. [2]

| Surovina | Vlhkost (%) | Org. látky (% sušiny) | N (% sušiny) | P ₂ O ₅ (% sušiny) | K ₂ O (% sušiny) | CaO (% sušiny) | MgO (% sušiny) |
|----------------------|-------------|-----------------------|--------------|--|-----------------------------|----------------|----------------|
| Chlévská mrva – skot | 75 - 82 | 78 - 85 | 1,8 - 2,4 | 1,1 - 1,4 | 2,5 - 2,9 | 2,0 - 2,4 | 0,4 - 0,7 |
| Chlévská mrva – koně | 68 - 73 | 86 - 92 | 1,9 - 2,5 | 1,0 - 1,3 | 1,9 - 2,3 | 1,1 - 1,3 | 0,2 - 0,5 |
| Chlévská mrva - ovce | 65 - 70 | 88 - 96 | 2,5 - 3,0 | 0,7 - 1,0 | 2,0 - 2,3 | 0,8 - 1,1 | 0,1 - 0,4 |
| Kejda prasat | 91 - 98 | 72 - 78 | 5,0 - 5,8 | 3,5 - 4,2 | 2,8 - 3,4 | 3,1 - 3,8 | 0,7 - 1,3 |
| Kejda skotu | 94 - 99 | 70 - 81 | 3,5 - 4,5 | 1,6 - 2,0 | 3,2 - 3,9 | 2,0 - 5,0 | 0,5 - 0,8 |
| Kejda drůbeže | 82 - 97 | 65 - 76 | 5,0 - 8,1 | 2,8 - 5,1 | 2,9 - 4,8 | 8 - 11 | 0,6 - 0,9 |
| Sláma obilnin | 13 - 20 | 92 - 96 | 0,4 - 0,6 | 0,1 - 0,3 | 0,9 - 1,1 | 0,3 - 0,4 | 0,1 - 0,2 |
| Sláma řepky | 15 - 18 | 95 - 97 | 0,5 - 0,7 | 0,2 - 0,3 | 1,1 - 1,4 | 1,2 - 1,5 | 0,2 - 0,3 |
| Nať bramborová | 25 - 60 | 88 - 91 | 0,7 - 0,8 | 0,2 - 0,3 | 1,3 - 1,6 | 0,2 - 0,4 | 0,1 - 0,2 |
| Listí | 15 - 40 | 88 - 94 | 0,9 - 1,5 | 0,1 - 0,2 | 0,2 - 0,5 | 1,7 - 3,0 | 0,1 - 0,2 |
| Odpad zeleniny | 80 - 90 | 85 - 90 | 1,5 - 2,5 | 0,8 - 1,3 | 1,0 - 2,0 | 0,8 - 2,0 | 0,2 - 0,4 |
| Stařina z luk | 10 - 30 | 88 - 95 | 0,8 - 1,0 | 0,4 - 0,6 | 1,0 - 1,8 | 0,9 - 1,7 | 0,1 - 0,2 |
| Výhozy z příkopů | 10 - 40 | 15 - 20 | 0,3 - 0,6 | 0,3 - 0,5 | 0,4 - 0,7 | 2,0 - 7,0 | 0,6 - 1,2 |
| Kuchyňský odpad | 65 - 80 | 75 - 88 | 1,2 - 2,3 | 0,3 - 0,7 | 0,4 - 0,8 | 1,9 - 3,0 | 0,3 - 0,6 |
| Výlisky z ovoce | 65 - 87 | 78 - 92 | 0,1 - 0,6 | 0,1 - 0,3 | 0,3 - 0,6 | 0,1 - 0,3 | 0,0 - 0,1 |
| Piliny | 40 - 70 | 97 - 99 | 0,0 - 0,2 | 0,0 - 0,1 | 0,0 - 0,1 | 0,1 - 0,2 | 0 |
| Stromová kůra | 40 - 70 | 94 - 98 | 0,2 - 0,4 | 0,0 - 0,2 | 0,0 - 0,3 | 0,1 - 0,3 | 0 |
| Zemina cukrovarnická | 15 - 35 | 7 - 13 | 0,1 - 0,2 | 0,1 - 0,4 | 0,2 - 1,2 | 2,0 - 6,0 | 0,0 - 0,3 |
| Šáma cukrovarnická | 15 - 50 | 3 - 12 | 0,2 - 0,5 | 0,7 - 1,0 | 0,1 - 0,4 | 48 - 52 | 3,0 - 4,5 |
| Kanalizační kal | 55 - 96 | 27 - 45 | 2,0 - 4,5 | 0,6 - 1,3 | 0,3 - 0,8 | 2,5 - 10 | 0,4 - 1,0 |
| Kal z jámek | 91 - 98 | 30 - 48 | 2,2 - 4,0 | 0,5 - 1,2 | 0,3 - 0,8 | 1,5 - 6,0 | 0,2 - 0,4 |
| Popel ze dřeva | 5 - 40 | 4 - 10 | 0,0 - 0,1 | 2,0 - 4,0 | 6,0 - 10 | 33 - 35 | 4,0 - 7,0 |
| Vytříděný bioodpad | 37 - 64 | 69 - 82 | 1,2 - 1,9 | 0,2 - 0,5 | 0,3 - 0,6 | 1,5 - 2,5 | 0,2 - 0,5 |
| Pazdeří | 10 - 15 | 83 - 98 | 0,4 - 0,7 | 0,0 - 0,1 | 0,0 - 0,1 | 0,3 - 0,5 | 0 |
| Rybniční bahno | 25 - 80 | 8 - 25 | 0,3 - 0,6 | 0,2 - 0,3 | 0,4 - 0,6 | 2,5 - 3,5 | 0,1 - 0,5 |
| Lihovarnické výpalky | 80 - 93 | 86 - 89 | 2,9 - 3,3 | 1,1 - 1,4 | 6,0 - 6,5 | 0,1 - 0,3 | 0,0 - 0,1 |
| Kostní šrot | 5 - 20 | 17 - 23 | 1,4 - 1,9 | 28 - 33 | 0,1 - 0,4 | 25 - 40 | 3,0 - 6,0 |
| Kapucín | 15 - 40 | 30 - 64 | 0,2 - 0,7 | 0,0 - 0,3 | 0,1 - 0,3 | 0,8 - 2,0 | 0,1 - 0,2 |
| Odpad krmivářský | 8 - 15 | 65 - 85 | 0,8 - 1,3 | 0,2 - 0,5 | 0,3 - 1,0 | 0,9 - 4,0 | 0,1 - 0,3 |
| Rašelina | 60 - 80 | 55 - 90 | 1,2 - 3,0 | 0,1 - 0,2 | 0,1 - 0,3 | 0,5 - 1,0 | 0,1 - 0,3 |
| Jateční odpad | 70 - 85 | 75 - 95 | 5,0 - 9,0 | 0,2 - 0,4 | 0,2 - 0,6 | 0,6 - 1,0 | 0,1 - 0,3 |

Tabulka č. 2: Hodnoty vlhkosti, organické hmoty a živin v surovinách vhodných do kompostu [2]

Při odjezdu se znovu automobil zváží a rozdíl hmotností udává přesnou hmotnost přijatého materiálu. V případě prodeje se dodavateli vrátí odpovídající částka podle ceníku za

materiál. Do provozu mohou odevzdávat odpad a suroviny právnické osoby, fyzické osoby i fyzické osoby oprávněné k podnikání, pokud přijatý materiál svou kvalitou dodržuje daná kritéria.

K dosažení lepších zisků lze získaný materiál ještě dále rozdělit za účelem získání kompostů různé kvality, které lze prodávat podle způsobu využití.

| Živina | kg živiny v 1t kompostů při 50% sušiny | | Cena živin Kč/kg | Cena živin v 1t kompostu (Kč/t) | | |
|------------------------|--|--------|---------------------|---------------------------------|--------|--------|
| | min | max | | min | max | průměr |
| N | 7,00 | 15,00 | 22,70 | 158,70 | 340,00 | 249,35 |
| P | 1,20 | 2,00 | 93,00 | 111,60 | 186,00 | 148,80 |
| K | 5,00 | 13,00 | 22,10 | 110,70 | 287,80 | 199,25 |
| Ca | 3,00 | 5,00 | 0,30 | 1,00 | 1,70 | 1,35 |
| Mg | 2,00 | 4,00 | 16,70 | 33,50 | 66,90 | 50,20 |
| S | 1,25 | 2,00 | 10,00 | 12,50 | 20,00 | 16,25 |
| Mikroprvky | 0,50 | 1,00 | 20,00 | 10,00 | 20,00 | 15,00 |
| Organická hmota | 280,00 | 350,00 | 0,10 | 28,00 | 35,00 | 31,50 |
| Celkem | | | | 466,00 | 957,40 | 711,70 |

Tabulka č. 3: Ceník kompostu na základě obsahu živin (ceny z dubna 2008) [12]

5.3.2. Dezintegrace a homogenizace

Aby byla dodržena stanovená lhůta kompostování, je třeba upravit vstupní suroviny tak, aby na sebe co nejefektivněji účinkovaly. Proto je nutné zajistit velkou styčnou plochu. Toho se docílí drcením špatně rozkladatelných materiálů, např. dřevěný odpad. Maximální rozměr částic by neměl přesáhnout 50 mm. Částice větší než doporučená velikost by celému procesu bez větší změny odolaly. Větší rozměry mohou být tolerovány u lépe degradovatelných materiálů. Celý proces je omezen technickým vybavením kompostárny a možnými náklady. [2]

Získaný materiál je nutné homogenizovat, aby byly zajištěny stejné podmínky v celé kompostovací hromadě. [2]

5.3.3. Vrstvení hromady a průběh kompostování

Před vrstvením hromady je třeba zkontrolovat poměr uhlíku a dusíku, vlhkost, teplotu a obsah kyslíku. Od těchto faktorů se odvíjí i optimální doba kompostování, případně možnosti použití kompostu.

Připravený a zkontrolovaný materiál se navrší na hromadu, překope a zakryje plachtou, aby se nezvyšovala vlhkost, např. při dešti. Během třech až čtyřech týdnů probíhá fáze mineralizace. Teplota prudce vzroste až k 70°C díky rozkladné činnosti bakterií a hub. Pokud nenastane vzestup teploty nebo pokles po prvotním zvýšení teploty, značí to nepříznivé podmínky pro mikroorganismy, Důvody mohou být nevhodná skladba surovin, nadměrná vlhkost nebo nedostatek kyslíku. [2]

Mezi čtvrtým až osmým týdnem po založení probíhá fáze přeměny. Teplota začne postupně klesat od 50°C až ke 30°C. Kompost dostane hnědou barvu, což indikuje vznik humusu. Pokud se kompost nechá dále zrát, bude stoupat účinnost humusu. [2]

5.3.4. Měření během kompostovacího procesu

K zajištění správného průběhu kompostování je třeba sledovat důležité veličiny. Kromě vstupních veličin (teplota, vlhkost, obsah kyslíku) je také nutné mít přehled o zralosti kompostu a mikrobiologickém a chemickém složení.

Měření teploty se provádí kontaktním elektronickým zapichovacím teploměrem s tyčovou sondou délky minimálně 1m, aby bylo možné měřit teplotu skrze celou hromadu. Vpich je nutno vést kolmo k povrchu hromady. Po ustálení se teplota odečte a zaznamená. Místa měření teploty se musí označit, aby se zajistila objektivnost měření. Pomocí vhodného softwaru lze vytvořit teplotní model kompostovací hromady. Během prvního týdne je třeba měřit teplotu každý den. Ke konci této doby by měl nastat pokles teploty a celá hromada by měla být překopána za účelem provzdušnění. Od té chvíle stačí měřit teplotu jednou za tři dny. [2]

Měření vlhkosti je důležité pro udržení správné funkce mikroorganismů. Při nedostatku vody mikroorganismy zpomalí svou činnost a při nadbytku začne docházet k hnilobným procesům (zkysnutí kompostu). Nejpriznivější vlhkost nastává v případě, kdy je 70% pórů zaplněno vodou. K rychlému určení vlhkosti kompostu lze použít přenosný vlhkoměr na principu měření vlastnosti vody (např. vodivost). Tato metoda je nedestruktivní, ale méně přesná. Ke zjištění přesnějších výsledků se využívá gravimetrická metoda, která je

přesnější, ale časově náročná a vázaná na laboratoř. První měření by se mělo provést ihned po první překopávce. Během prvního týdne by se měření mělo provádět co nejčastěji, poté už stačí jednou za tři týdny a nakonec určit vlhkost hotového kompostu. [2]

Nejdůležitější ze všeho je zajištění dostatečného přísunu kyslíku, který by měl zaujímat 6 obj. %. Z tohoto důvodu se k přikrývání pásových hromad musí používat prodyšné kompostářenské plachty. Nejjednodušší forma měření je orientační čichová zkouška. Správný kompost by neměl výrazně zapáchat. Nejčastěji se při probíhajících hnilobných procesech objeví plyny jako čpavek nebo sulfan, které lze lehce odhalit. Pro přesnější určení lze využít přenosné přístroje k měření obsahu kyslíku. Nejčastěji se využívají dvě metody. Sorpční metoda je založena na kapalině měnící svůj objem v závislosti na množství kyslíku ve vzduchu. Elektrochemická metoda využívá elektrochemickou sondu, díky které lze okamžitě získat potřebné výsledky. Měření obsahu kyslíku se doporučuje provádět současně s měřením teploty. [2]

5.3.5. Výstupní kontrola

Po ukončení kompostovacího procesu je třeba provést konečnou kontrolu stability kompostu, fyzikálních a chemických vlastností a mikrobiologickou kontrolu.

Pro určení stability kompostu není žádná norma, která by uváděla, jakým způsobem by se měla stabilita měřit ani jakých hodnot by měla dosahovat. Biologicky rozložitelné odpady mají zpravidla nízkou stabilitu, neboť podléhají samovolnému rozkladu, a tak mohou podporovat vznik patogenních mikroorganismů. Proto se tyto odpady kompostují. Během tohoto procesu vzniknou složité komplexy humusových látek, které nepodléhají rychlému rozkladu. [2]

Pokud v látce probíhají rozkladné procesy, látka není stabilní a během toho uvolňuje teplo. Na tomto principu je založen samozáhřevný test. Do termonádoby je umístěn kompost a vytemperován na laboratorní teplotu. Poté se do kompostu vloží teplotní čidlo a měří se rozdíl teplot mezi kompostem a okolím. Celý test se provádí 1 až 9 dní. [2]

| Rozdíl teplot kompostu a okolí (°C) | Popis stupně stability kompostu | Charakteristika |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| <10 | Velmi vyzrálý a stabilní | Stabilní |
| 10 – 20 | Průměrně vyzrálý | Stabilní |
| 20 – 30 | Aktivní kompost, mírně v rozkladu | Aktivní |
| 30 – 40 | Velmi aktivní, nevyzrálý | Aktivní |
| >40 | Čerstvý kompost | Nestabilní |

Tabulka č. 4: Tabulka výsledků samozáhřevného testu

Další možností určení stálosti kompostu je dynamický respirační test, který měří okamžitou spotřebu kyslíku použitého k oxidaci rozložitelných látek v organických surovinách. Výsledek se udává jako reálný dynamický respirační index (RDRI). Test probíhá tak, že se z kompostu odebere vzorek, který se proseje na velikost <20 mm a odstraní se cizorodé částice. Vzorek musí být chlazen pod 4°C a vlhkost se udržuje mezi 40 – 60%. Vlastní test musí začít během 48 hodin po odebrání vzorku. Poté se minimálně 30 g vzorku vloží do reakční nádoby, která je upravena, aby byl absorbován vznikající oxid uhličitý, který zpomaluje rozkladné procesy. Současně se do uzavřené reakční nádoby přivádí kyslík z generátoru kyslíku (tlak musí zůstat konstantní). Celé měření probíhá při teplotě 20°C po dobu čtyř dnů. Během této doby se kontinuálně zaznamenává spotřeba kyslíku a určují se hodinové hodnoty spotřeby kyslíku $\left(\frac{mg(O_2)}{g(sušiny) \cdot hod}\right)$. Celý test se opakuje dvakrát pro věrohodnost výsledků. [2]

K nejpoužívanějším metodám vyhodnocení zralosti výsledného kompostu se používá test fytotoxicity (řeřichový test). Jedná se o biologický způsob pomocí indexu klíčivosti (IK) rostliny citlivé na fytotoxicitu (řeřicha setá). Tato metoda se zakládá na výpočtu indexu klíčivosti řeřichy seté v prostředí vodního výluhu kompostu. Samotný test probíhá navážením 10 g vzorku do vhodné nádoby a přilítí dostatek destilované vody (až desetinásobek procentuálního obsahu sušiny). Následně se vzorek ponechá asi dvě hodiny v horizontální třepačce a poté se výluh přefiltruje. Do Petriho misek se vloží filtrační papír navlhčený 1 ml výluhu a na něj se umístí 8 semen řeřichy seté. Celý test se provádí 10krát, tedy 10 Petriho misek a 80 semen. Přidá se i kontrolní vzorek s destilovanou vodou. Takto připravené misky se vloží do termostatu na 24 hodin při teplotě 28°C. Po uplynutí stanovené doby se určí index klíčivosti podle vztahu: [2]

$$IK = \frac{k_v \cdot l_v}{k_k \cdot l_k} \cdot 100$$

| | | |
|------|-------|--------------------------------------|
| kde: | k_v | klíčivost vzorku (%) |
| | k_k | klíčivost kontroly (%) |
| | l_v | průměrná délka kořínků vzorku (mm) |
| | l_k | průměrná délka kořínků kontroly (mm) |

| Hodnota IK (%) | Typ kompostu | Využitelnost |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| >100 | Schopnost stimulačních účinků | Zahradnické substráty, květinářství |
| 80 – 100 | Dobře zralý kompost | Aplikace před setím |
| 60 – 80 | Částečně zralý kompost | Předjarní aplikace, pěstování hub |
| <60 | Nezralý kompost | Riskantní aplikace |

Tabulka č. 5: Použitelnost kompostů podle indexu klíčivosti

Celý proces kompostování je závislý na mikroorganismech (bakterie, aktinomycety a nižší houby), proto je nutné u zralého kompostu určit jeho kvalitu i z hlediska výskytu patogenních mikroorganismů. Povolené množství mikroorganismů je stanoveno vyhláškou MŽP č. 341/2008 Sb. [2]

Laboratorní analýzy se řídí normou ČSN 46 5735, která stanovuje znaky jakosti: [2]

- Vlhkost: Pohybuje se mezi 40 – 65%.
- Celkový obsah spalitelných látek (C): Ve vysušeném vzorku musí množství uhlíku dosahovat nejméně 25%.
- Obsah celkového dusíku (N): Ve vysušeném vzorku musí množství dusíku dosahovat nejméně 0,6%.
- Poměr C : N:K optimálnímu využití uhlíku a dusíku mikroorganismy je stanoven maximální poměr 30 : 1.
- pH ve vodní suspenzi: musí dosahovat neutrálních hodnot. Norma udává limitní hodnoty pH 6,5 – 8,5.
- Stanovení nerozložitelných příměsí: Nerozložitelné příměsi jsou takové částice, které nelze rozdrtit tlakem ruky, rozstříhat nebo protlačit sítím s průměrem oka 5 mm. Tato hodnota nesmí přesáhnout 2%.
- Hodnocení homogenity celku: Tato kontrola se provádí pouze při podezření na nedodržení předepsané technologie.

5.3.6. Třídění, balení a expedice

Po ukončení kompostovacího procesu a před laboratorním vyhodnocením se musí odseparovat nerozložené a nerozložitelné částice, aby výsledný kompost vyhovoval normě ČSN 46 5735, a také se může kompost dělit na více frakcí pro expedici.

Po laboratorním vyhodnocení se vytříděný kompost dělí podle možnosti využití (viz. Tabulka č. 5) a zabalí podle potřeb cílové skupiny odběratelů. Největší uplatnění se najde v zemědělství, ale také v údržbě městské zeleně, parků nebo také při rekultivaci krajiny po

těžbě. Průmyslový kompost je hojně využíván i fyzickými osobami při terénních úpravách kolem domů, hnojení zahrádek a sadů nebo i pokojových rostlin v bytech.

6. Závěr

Cílem této práce bylo popsat provoz kompostárny. V úvodní kapitole byla nastíněna teoretická část ohledně materiálového složení kompostu a jeho vlastností, aby bylo docíleno vysoké kvality tohoto produktu. Také zde byla zmapována historie kompostování od prvních písemných zmínek až po současnost a rozebrána aktuální situace ohledně odpadového hospodářství a kompostování v Evropské Unii a České republice.

Další kapitola byla věnována legislativě. Zde byly popsány zákony, vyhlášky, směrnice a normy, kterými se musí provozovatelé průmyslových kompostáren v dnešní době řídit.

Popis technologického vybavení kompostáren je popsán ve čtvrté kapitole. Zde byla věnována pozornost nejdůležitějším strojům potřebným k chodu kompostárny. Rovněž jsou zde popsány možnosti vybudování kompostářenských linek. Dle mého názoru je nejlepší možností zmiňovaná kombinovaná kompostářenská linka z důvodů dobré produkce při relativně nízkých investičních nákladech.

V poslední kapitole je zpracován návrh fiktivní kompostárny včetně strojního vybavení a teoretického průběhu kompostovacího procesu.

Kompostování se v dnešní době jeví jako velice perspektivní možnost řešení problémů s odpady. Nedochozí při něm ke znečišťování ovzduší jako při spalování a získaný produkt je velmi prospěšný pro zemědělskou výrobu. Lidstvo teď stojí na pomyslném rozcestí, jestli se mu podaří vytvořit plán nakládání s odpady a vyčistí si svou planetu nebo samo skončí zasypáno vlastními odpadky.

Literatura:

- [1] *PLÍVA, P. a kolektiv: Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu.* Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., 2006, 65 s, č. 1. ISBN 80-86884-11-2.
- [2] *PLÍVA, P. a kolektiv: Kompostování v pásových hromadách na volné ploše.* Praha: Profi Press, 2009, 136 s, ISBN 978-80-86726-32-8.
- [3] *Kompostování.* © ZO ČSOP VERONICA. *Veronica: Ekologický institut* [online]. 27. 4. 2012 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.veronica.cz/?id=243>
- [4] *Historie kompostování. Farma Hucul* [online]. 21. srpna 200 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: http://www.hucul.cz/old_hucul/cz-kompost-historie.html
- [5] *VÁŇA, Jaroslav: Kompostování bioodpadu je technologií trvale udržitelného života.* *Biom.cz* [online]. 2009-08-05 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-bioodpadu-je-technologie-trvale-udrzitelneho-zivota>>. ISSN: 1801-2655.
- [6] *FAVOINO, Enzo, HABART, Jan: Oddělený sběr kompostovatelných odpadů, kompostování a biologická úprava zbytkového odpadu zkušenosti a současné trendy v Evropě.* *Biom.cz* [online]. 2003-10-08 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/oddeleny-sber-kompostovatelnych-odpadu-kompostovani-a-biologicka-uprava-zbytkoveho-odpadu-zkusenosti-a-soucasne-trendy-v>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] DRDA, Lubomír. *Biologicky rozložitelné odpady.* Ostrava, 2010. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/82622>. Bakalářská. VŠB-TU Ostrava, Fakulta Hornicko-geologická, Institut environmentálního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Jana Lyčková, Ph.D.
- [8] Česká republika. Zákon o Odpadech: o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: <http://business.center.cz/business/pravo/zakony/odpady/>. 2001, č. 185.
- [9] Český statistický úřad. *Český statistický úřad* [online]. 30. 9. 2011 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/tab/1A002D0D0F>
- [10] AGROINTEG. *Agrointeg* [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.agrointeg.cz/>
- [11] *Váhy - Jas* [online]. 2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.vahyjas.cz/cs/profi-universal-38.html>

- [12] Biom.cz. *Biom.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/komposty-vyznamny-clanek-vyuziti-odpadu-a-zajisteni-pudni-urodnosti>
- [13] Hantsch. In: *Www.hantsch.fr* [online]. 2012 [cit. 2012-08-30]. Dostupné z: <http://www.hantsch.fr/actualites/>

Seznam obrázků:

Obr. 1: Rozvoj strategie odpadového hospodářství v zemích EU [5]

Obr. 2: Graf způsobů nakládání s komunálními odpady v roce 2010 [9]

Obr. 3: Kompostovací linka s kolovým traktorem [2]

Obr. 4.: Kompostovací linka s jednoúčelovými stroji [2]

Obr. 5.: Příklad kombinované kompostovací linky [2]

Obr. 6: Souprava pro překopávání kompostu s adaptérem pro manipulaci s plachtou [2]

Obr. 7: Překopávač John Deere CMC-SF-250 [10]

Obr. 8: Drtič Crambo 3400 [13]

Obr. 9: Prosévací buben BPS 01s [10]

Obr. 10: Mostní váha Profi UNIVERSAL [11]

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1: Příklady poměru živin uhlíku a dusíku u nejčastějších druhů odpadu [3]

Tabulka č. 2: Hodnoty vlhkosti, organické hmoty a živin v surovinách vhodných do kompostu [2]

Tabulka č. 3: Ceník kompostu na základě obsahu živin (ceny z dubna 2008) [12]

Tabulka č. 4: Tabulka výsledků samozáhřevného testu [2]

Tabulka č. 5: Použitelnost kompostů podle indexu klíčivosti [2]

Seznam příloh

Příloha č. 1: Návrh kompostárny

Příloha č. 1: Návrh kompostárny

